光電式・定温式住宅用火災警報器の比較検証

佐藤 衛寿*, 細谷 昌右**

概　　要

平成22年4月1日から、住宅用火災警報器（以下「住警器」という）の設置が既存住宅でも義務化される。このような中で、光電式住警器と定温式住警器ではどちらが早く作動するか、非火災報が具体的にどのような条件で発生するか等、機種を選定する上で疑問が生じると思われる。そこで本検証において、煙式住警器及び熱式住警器を設置した室内で、比較的発煙量の多い食材を調理することにより、住警器の作動状況を確認し、都民が住警器を選択する際の目安を示した。

1　検証目的

光電式と定温式について、過去の実験等から、一般的には光電式の方が定温式より火災時の作動が早く、当庁では台所においても光電式の設置を推進していく方針である。しかし、都民には光電式は調理中の煙等による非火災報が発生しやすいという漠然とした認識があることから、定温式を選択する可能性がある。

このようなことが起こるのは、本来、煙を感知する住警器が都民の間では火災を感知するものだという認識があること、また、調理中の煙等で非火災報が鳴動するのはどのようなときなのかを例示していないためと思われる。よって、住警器について例示をすることにより、漠然とではなく、適切に判断をしてもらう必要がある。

台所に住警器を取り付ける場合の調理中の煙等への対処に関しては、住警器の取扱説明書や「住宅用火災警報器に係る火災予防条例等の一部改正に関する運用等について（平成18年6月1日18予予第53号予防部長依命通達）」では「通常の調理時に煙又は蒸気がかかるおそれのない場所に設置すること。」となっている。しかし直接煙がかからない場合でも、コンロを用いた加熱調理の煙が、換気設備を作動させていても漏れ出して、台所天井に蓄積し住警器の作動条件を満たす可能性もあるが、このことについては、具体的な条件や目安がない。

よって設置判断の目安として、煙の発生しやすい状況を再現し、光電式と定温式ではどの程度感知に差があるのか、調理中のどのような場合に非火災報が発生するのか等について検証することによって、非火災報発生の目安を示し、都民が住警器の性能を正しく理解し選択できるようにするための広報資料とすることを目的とした。

2　実験日時

平成19年6月20日～平成20年2月8日

3　実験場所

東京消防庁　消防技術安全所　総合実験室

4　実験概要

4.1　予備実験

(1)　目的

調理加熱中に煙を発生する状況は多種・多様であり、それらを個々に検証することは事実上不可能であるが、過去に同様の実験を実施した場合の文献を調査すると、所報（「簡易型火災警報器の実用性能実験結果について」昭和56年所報第18号）や火災学会の概要集（「住宅の火災、非火災現象に対する各種センサの挙動」平成18年度）で焼き魚の調理としてさんま（以下「魚」という）を用いている。そこで実際魚の発煙量が多いかを焼肉及び鍋の水蒸気等、日常経験する煙の発生する調理と比較し確認を行った。

(2)　方法

表1の食材について、燃焼実験室（約8畳）でガスコンロを用いて調理し、光電式が鳴動するかを検証した。光電式は計5個を格子状に配置し、コンロの前面に換気扇を設置した。（図1、2参照）　一度に調理する量は、全国の平均世帯人数が約3人であることから、魚については3匹、焼肉については1人前 100ｇとして 300ｇを用いた。水蒸気については、通常使用している手鍋に水をいれ、蓋を閉じて沸騰させて蓋を開けることとした。調理は、状況を見ながら火加減を調整して食べられる状態になるまで実施した。

＊装備安全課　＊＊東村山消防署

(3) 結果

結果については、表1のとおりとなった。肉及び水蒸気については換気扇を回さない状態でも光電式の作動はなかったが、魚の網焼きのみが換気扇を作動させないと焼き始めてから2分30秒以内に全ての光電式で作動することがわかった（表2参照）。また、魚2匹をグリルで焼いた場合は、換気扇を作動させなくても住警器の作動はなかった。

(4) 結論

以上のことから、過去の検証での使用例のとおり、魚の網焼きが発煙量としては、焼肉や水蒸気に比べて圧倒的に多いことが確認できた。よって食材と調理方法については魚の網焼きを用いることとした。
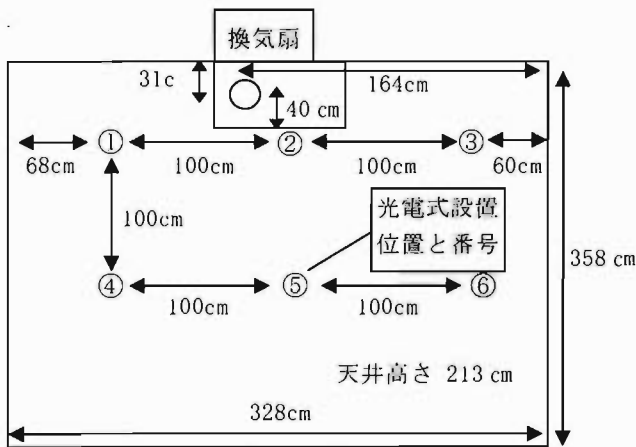
図1　予備検証実験配置図
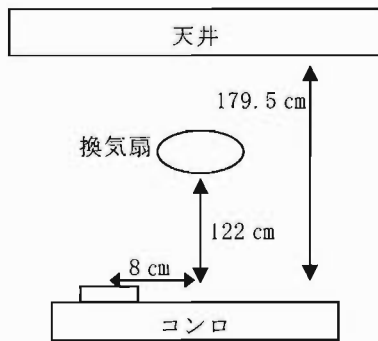
図2　換気扇配置図

表1　非火災報発生状況

材料	数量	調理法	換気扇	非火災報
水		沸騰させ蓋を開ける	作動なし	なし
豚こま肉	300ｇ	フライパンで焼く	作動なし	なし
魚	3匹	網焼き	作動なし	あり
魚	3匹	網焼き	作動あり	なし
魚	2匹	グリル	最初作動させ調理開始後6分47秒後に停止	なし

表2　魚3匹を網焼きした場合（換気扇なし）

		コンロ位置	
住警器番号	住警器1	住警器2	住警器3
発報順位	1	2	2
発報時間	2:10	2:18	2:18
住警器番号	住警器4	住警器5	住警器6
発報順位	5	4	6
発報時間	2:27	2:19	2:30

4．2　本実験

(1) 実験設定

ア　面積

台所の床面積が小さければ小さい程、調理の煙の濃度が増加しやすく住警器が非火災報を発報しやすいと言える。国土交通省に問い合わせたところ台所の平均面積や最小面積についての資料はなかった。そこで都営住宅の間取りから概算を行ったが最も面積の小さいもので、約7㎡（約5畳）であった。しかし、マンションのカタログ等を調査すると、台所として区画されていなくても、一面が開いた3畳～4畳の広さのものもあり、さらにワンルームマンションでは1.5畳というものもあった。

そこで台所用品のカタログを調べ、概ね2畳の広さがあれば、流し台、食器棚、冷蔵庫が置け、実用的な広さを得られる台所になると判断し、台所の面積の最小サイズを2畳(団地間サイズの1畳は0.85×1.7ｍで2.89㎡)とした。台所によっては床面積が広くても、天井部分の梁等により煙が溜まりやすい構造となっている場合もあるが、区画されていればより煙が逃げにくいので、養生シートで2畳の広さに囲って検証を行った。

イ　換気設備

予備実験では、換気扇を使用したが現在換気設備としてはレンジフードが主流となっているため、都営住宅が採用しているＢＬⅢ深形のシロッコファンタイプのものを用いた。レンジフードとコンロの間の距離は 80 cm以上離すこととなっている。検証では 85 cm離して実施した（表3参照）。

ウ　食材

予備実験で発煙量が多いことが確認された魚を使用した。

エ　コンロ

コンロはガスを用いるもので最大火力2.4kwのものと、4.34kwのものを用意した。市販されている一般家庭向けコンロの最大火力の範囲はあるメーカーによると 2kw～4.6kw となっているので概ねその上限及び下限のものである。これらを最大火力で使用した。火力を調節すると火力が数値化できず、比較ができないためである。

キッチンのレイアウトはＩ型、Ｌ型、Ⅱ型、コ型、アイランド型と主に5タイプの基本形がある。アイランド型を除けば、煙の拡散を防ぐため2面を壁に囲まれた部分にコンロを配置するパターンが多い。そこで、今回の検証でもキッチンのレイアウトによらず、2面を壁に囲

まれた位置とした。また、アイランド型は、住宅展示場の販売員から情報を聞くと「台所の真中にコンロが来るため使用者側からは煙の漏れが気になるという意見が多く、施行側からはコンロ上面のレンジフードダクトを沿わす壁がないため、強度の確保が難しく双方からあまり人気がない。」とのことであったので、今回の検証の対象からは外すこととした。また、実際に魚を焼く位置はコンロを囲む壁の反対側とした。

オ　調理方法

予備検証では、火力を適宜調整して魚を食べ頃まで調理する方法をとったが、これでは条件を統一できないため、食べ頃になる焼き時間を計測し最大火力で焼いた。なお、ひっくり返す回数は1回としてこの時間もあらかじめ焼き具合を調べて決定した。また、食べ頃になった時間を過ぎても住警器が鳴動しない場合は 20 分を限度に鳴動するまで続けた。鳴動するまで続ける理由として、非火災時に住警器が発報するのはどの程度の時間なのか、そのときの状況はどうなのかを検証するためである。また、もう一つの理由として、通常の調理時には調理を継続して行うために、蓄積された煙により発報する可能性があることから、発煙量の多い魚の煙で非火災報が鳴るまでの時間を測定し、非火災報が発報する目安を得るためである（図３参照）。

カ　住宅用火災警報器

今回使用した住警器の配置は図４及び表４のとおりである。天井に取り付けたものは、最もガスコンロに近い場所に最も発報が近いと思われる日本消防検定協会鑑定品（以下、「ＮＳ」と略）の定温式１機種、その隣にＮＳ光電４機種、その隣でコンロから最も遠い位置にＵＬ規格で予防課消防設備係が把握している市販品の中で最も感度の高いもの１機種、その隣にＣＯと光電の複合型１機種をレンジフードが取り付けてある壁から１ｍの位置に平行に取り付けた。尚、広さの関係から複合型は壁から 60cm 離すことができなかったが参考まで取り付けることとした。壁面には、ＣＯと光電の複合型を１機種取り付けた。取り付け位置はレンジフードが取り付けてある壁からは１ｍとし、天井からの高さは住警器の底面が 20 cmとなる場所である。

キ　測定項目

測定項目及び配置は図４のとおりである。調理中の煙を測定するため、光電式を取り付けた天井と壁の部分に濃度計を取り付けた。また、定温式の直前にＫ熱電対を取り付けた。

図３　実験風景

表３　使用レンジフードの風量
（静圧０Pa 時、カタログ値）

風量調節	強	中	弱
換気風量（㎥/ｈ）	588	377	216
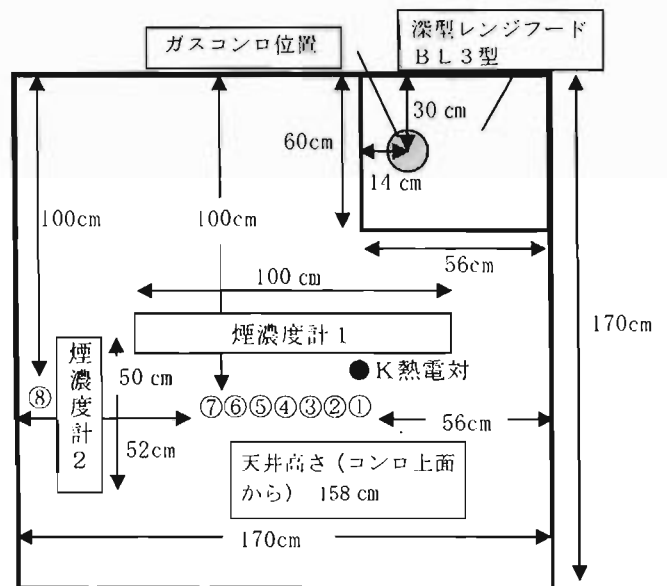
図４　実験配置図

表４　配置住警器種別

①	ＮＳ定温
②	ＮＳ光電１
③	ＮＳ光電２
④	ＮＳ光電３
⑤	ＮＳ光電４
⑥	ＵＬ光電
⑦	複合天井
⑧	複合壁

(2) 実験結果及び考察

実験結果は表５、表６及び表７のとおりとなった。

ア　同一条件の同じ住警器での作動時間には大きなバラツキがある。例えば魚４匹を焼いた場合、ＮＳ光電１の作動時間は最も早い場合で実験１の３分32秒、最も遅い場合で実験３の12分47秒と３倍程度の変動がある。

そこで、実験１と実験３の煙濃度計のグラフ（図５、６参照）を比較すると、明らかに実験１の方が煙濃度の上昇が早く、全体的に住警器の作動時間も早いことに対応している。しかし、煙濃度上昇が遅い実験３のグラフでも全体的な傾向は右肩上がりでありレンジフードが調理に伴い発生する煙を完全には吸収できていないことを示している。

また壁と天井の煙濃度を比較すると、実験１では天井が、実験３では壁の煙濃度の方が早く上昇しており、一概に天井の方が早く煙濃度が上昇するとも限らないことを示している。

この２つにグラフに住警器の作動時間として、ＮＳで最も早いものと遅いもの、ＵＬ、複合壁を記入すると、ＵＬが比較的早く作動するということ以外、作動の順番や作動濃度に規則性はみられない。これは、調理で発生する煙が均一でないことと、住警器の感知部分に煙が吹き込む風がそれほど強くないために生じていると考えられる。

イ　同一条件でも作動時間や煙濃度がかなり変動するものの、今回の検証では３匹以下の魚を網焼きした場合、調理が完了するまで作動することはなかった。

このことから、魚４匹を網焼きする程度の煙が発生すると、レンジフードを「強」にしていても早くて３分半程度でＮＳ及びＵＬの住警器が作動する。尚、これが非火災報になるか鍋の空焚きを知らせる有効な作動になるかは調理の状況による。少なくとも魚を網焼きした場合は、検証結果から非火災報となる。

ウ　今回の検証では、条件を一定にするため機械的に魚をコンロの最大火力で焼いている。そのため発煙量が多くても火を弱める操作を行っていない。現実的な調理では、煙がレンジフードから漏れるような状況になれば、自ら火力を調整すると考えられる。そこで火力の強い4.34kwのコンロを用いた実験16で、煙や炎が発生したら火を弱めてみた（表６参照）。

そのようにすると、同一条件で機械的に魚を焼いた実験15では作動していたＵＬでも、風量「中」で25分間作動することはなかった。そのときの煙濃度を減光率で比較すると（図７、８参照）、火力を調節しない実験15に比べ調節する実験16では、煙の濃度がほぼ一定のままである。このことはコンロの加熱により発生する煙の量と、レンジフードにより排気される煙の量がつりあった状態になっていることを示し、このような状態が継続すれば長時間調理を続けても、漏れた煙の蓄積により住警器が鳴動することはない。煙の発生量の多い魚でも火を弱めることで、このような状態にすることができることから推測すれば、通常の調理で煙の調整を行いながらコンロによる加熱を行えば、加熱による煙で住警器が作動する可能性は低いといえる。

エ　焼き魚に調理を限るなら、網焼きを行わずグリルを用いる方法もある。そこでコンロのグリルを用いて魚４匹を焼いて検証を行った。

結果は表７のとおりであるが、実験18で最初に９分焼いたが焼けていなかったため、実験18の魚を用いて実験19でさらに21分計30分焼いた。いずれも住警器は鳴動することはなかった。このことから、焼き魚についてはグリルを使用することで光電式住警器の非火災報を防ぐことができる。

オ　定温式はすべての検証で作動することはなかった。

東京消防庁告示第８号によれば定温式は、作動試験の基準として『81.25度の温度の風速１メートル毎秒の垂直気流に投入したとき、40秒以内で火災警報を発すること。』となっていることから、単純にこの温度を作動温度とすれば、今回の検証で最も温度が上昇した実験15の19℃（コンロ使用時間20分）でコンロ使用中に作動するには、調理開始時の室温が62.25℃でなければならず非現実的である。図９は、このときの温度の変化を示したグラフであるが概ね40℃で温度の上昇が頭打ちになっており、調理中に定温式が作動することは考えにくい。よって確かに光電式より定温式の方が作動のいき値が高く設定されており非火災報を発しないといえる。しかしこれは裏をかえせば実際の火災になった場合に発見が遅れるということでもある。

そこで実験19を例に光電式と比較してみた。魚の調理が完了する６分以後を、「放置すれば火災に至る危険な状態」と考えれば、光電式のＵＬは調理完了前の５分で作動しているため非火災報になってしまうが、ＮＳについては天井に設置した４個のうち２個がそれぞれ13分、18分に、壁面に設置したものも13分で作動していることから定温式より火災を早期に発見する可能性がある。

表５　火力 2.4kw で調理（片面４分 30 秒：焼き上がり９分）したときの住警器作動時間（　分　秒）

実験番号	魚(匹)	風量調節	NS定温	NS光電1	NS光電2	NS光電3	NS光電4	UL光電	複合天井	複合壁	温度上昇(℃)	コンロ使用時間
1	4	強	不作動	3'32"	3'37"	4'56"	8'41"	3'55"	8'30"	8'08"	1.1	8'41"
2	4	強	不作動	7'42"	7'25"	7'40"	8'31"	5'54"	8'53"	8'31"	3.4	8'53"
3	4	強	不作動	12'47"	9'19"	8'42"	不作動	8'06"	不作動	14'27"	3.5	20'00"
4	3	強	不作動	不作動	19'56"	20'04"	不作動	14'57"	不作動	15'04"	4.0	20'00"
5	3	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	4.8	20'00"
6	3	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	10'04"	不作動	不作動	5.3	20'00"
7	2	強	不作動	不作動	9'58"	9'39"	不作動	9'05"	不作動	不作動	2.6	11'58"
8	2	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	5.6	10'00"
9	2	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	4.3	10'00"
10	1	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	5.4	20'00"
11	1	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	5.2	20'00"

表６　火力 4.34kw で調理（片面３分：焼き上がり６分）したときの住警器作動時間（　分　秒）

実験番号	魚(匹)	風量調節	NS定温	NS光電1	NS光電2	NS光電3	NS光電4	UL光電	複合天井	複合壁	温度上昇(℃)	コンロ使用時間
12	3	強	不作動	不作動	12'36"	不作動	不作動	5'44"	不作動	不作動	10.3	20'00"
13	3	強	不作動	不作動	6'33"	12'07"	不作動	5'27"	不作動	不作動	13.1	20'00"
14	2	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	15.1	20'00"
15	2	中	不作動	不作動	13'25"	18'04"	不作動	5'15"	不作動	13'49"	19.0	20'00"
16	2	中	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	2.8	25'00"
17	1	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	13.1	20'00"

表７　グリルで調理（2.24kw）したときの住警器作動時間（　分　秒）

実験番号	魚(匹)	風量調節	NS定温	NS光電1	NS光電2	NS光電3	NS光電4	UL光電	複合天井	複合壁	温度上昇(℃)	コンロ使用時間
18	4	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	8.2	9'00"
19	4	強	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	不作動	16.0	21'00"
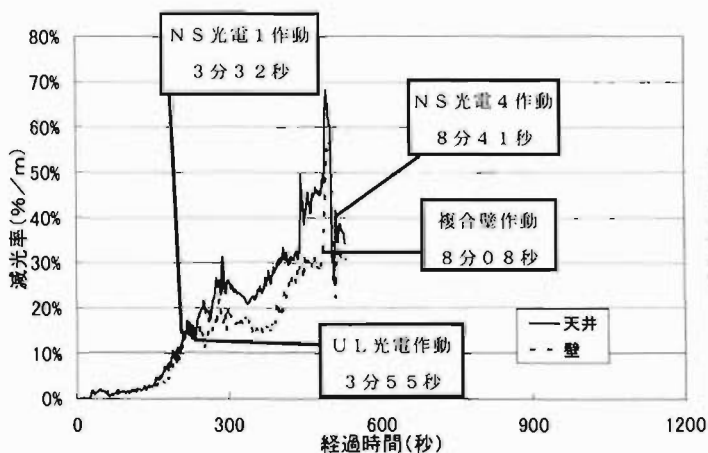
図５　実験１の魚４匹での煙濃度の変化
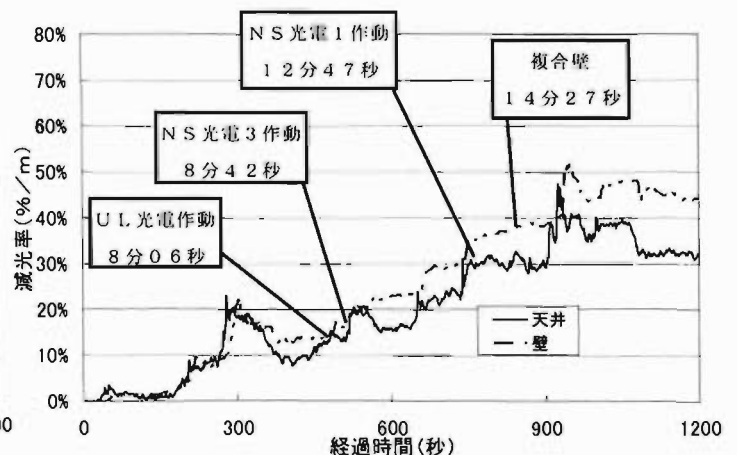
図６　実験３の魚４匹での煙濃度の変化
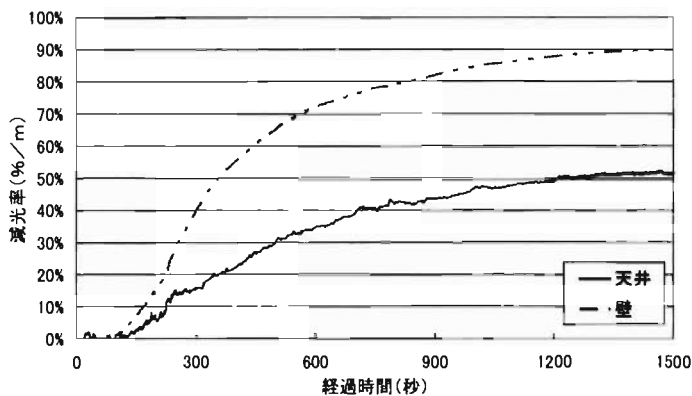
図７　実験 15 の煙の減光率
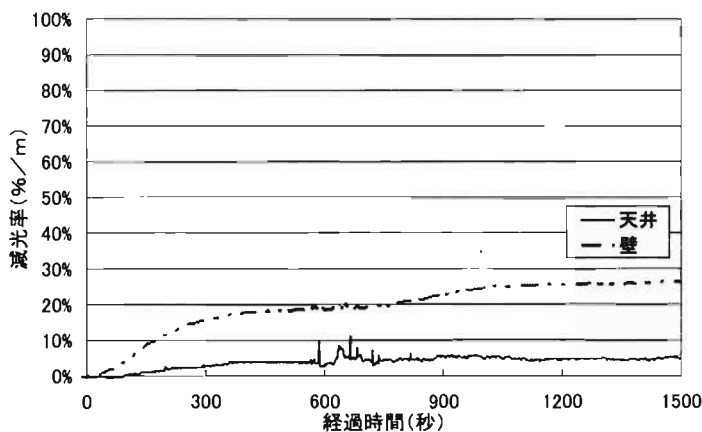
図８　実験 16 の煙の減光率
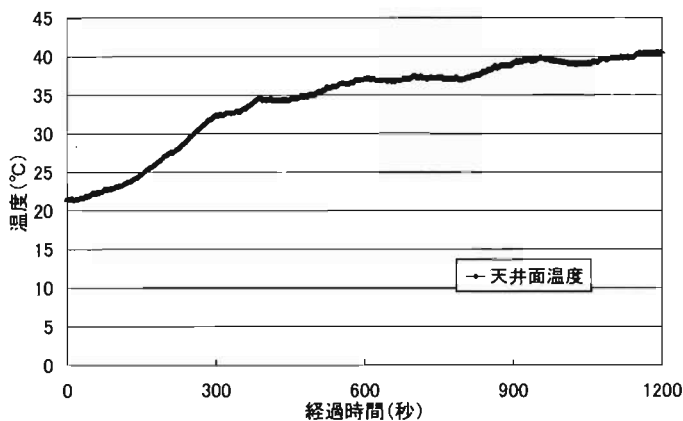
図９　実験 15 でのコンロ使用中の天井の温度変化

5　まとめ

本検証から得られた結果を以下に示す。

(1) 魚の網焼きのような煙の発生しやすい調理方法の場合、レンジフード等換気設備を使用すれば、光電式であっても非火災報は発生しにくい。ただし、換気設備の換気量を上回る量の煙が発生した場合、光電式では非火災報が発生する可能性がある。

(2) コンロで非火災報が発生した食材料であっても、グリルを使用すれば非火災報は発生しない。

(3) 定温式は、通常の調理中に発生する程度の熱では非火災報の発生する可能性は小さい。

(4) 非火災報の発生頻度と火災の感知の早さは相関しているため、以下の表８のようになることが確認された。火災の感知が早くかつ非火災報の発生頻度が少ない住警器は今回の検証対象には無かった。

表８　火災感知早さと非火災報発生頻度の関係

住警器の種類	UL 光電式	NS 光電式	定温式
火災の感知早さ	早い	中間	遅い
非火災報の発生頻度	多い	中間	少ない

以上の結果から、光電式の方が定温式に比べて非火災報が発生しやすいが、レンジフードを有効に使用することで、その発生頻度を抑えることは可能である。

また、例えばコンロの使用放置のような火災に発展する恐れのある状況になった場合でも、光電式を設置していれば、定温式を設置しているよりも早期に危険を覚知、回避できると思われる。

Comparative verification of photoelectric and fixed-temperature residential fire alarms

Eiju SATO*, Masasuke HOSOYA**

Abstract

Installation of residential fire alarms will be obligated effective April 1, 2010 in all homes including existing ones. Under such a situation, questions may arise in selection of a suitable model. The questions are which will be more quickly activated, the smoke detecting alarm or the heat detecting alarm, and what specific conditions cause non-fire alarms. In this verification, it is observed how the residential fire alarm is activated by means of cooking foodstuffs which generate a relatively large quantity of smoke in a room equipped with the smoke-detecting and heat-detecting alarms. The results find that a nonfire alarm activation can be prevented through effective utilization of the exhaust fan.

*Equipment Safety Section **Higasimurayama Fire Station